



**PATENT APPLICATION**

THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Isamu SATO et al.

Group Art Unit: 3747

Application No.: 10/025,694

Filed: December 26, 2001

Docket No.: 111588

For: THIN FILM MAGNETIC HEAD DEVICE

**CLAIM FOR PRIORITY**

Director of the U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2001-000102 filed January 4, 2001.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

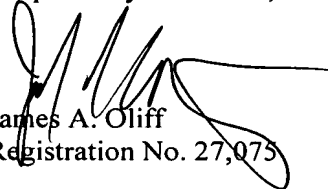
  X   is filed herewith.

           was filed on        in Parent Application No.        filed       .

           will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,



James A. Oliff  
Registration No. 27,075

Joel S. Armstrong  
Registration No. 36,430

JAO:JSA/zmc

Date: April 19, 2002

**OLIFF & BERRIDGE, PLC**  
**P.O. Box 19928**  
**Alexandria, Virginia 22320**  
**Telephone: (703) 836-6400**

<p><b>DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION</b> Please grant any extension necessary for entry; Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461</p>
---



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 1月 4日

出願番号

Application Number:

特願2001-000102

出願人

Applicant(s):

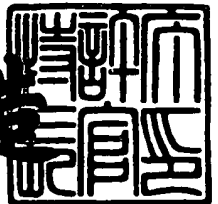
ティーディーケー株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年12月 7日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-310663

【書類名】 特許願

【整理番号】 P-02324

【提出日】 平成13年 1月 4日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G11B 5/00

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド装置

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 佐藤 勇武

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 島沢 幸司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 荒木 悟

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100072051

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】 100059258

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 暁秀

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 074997

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電氣的等価回路で表したときに、等価電圧源および抵抗値が  $R_H$  で定義される直列抵抗の直列回路と、この直列回路と並列に接続され、容量値が  $C$  で定義される並列コンデンサとで構成される薄膜磁気ヘッド素子を有する薄膜磁気ヘッド装置において、前記直列抵抗と直列に、インダクタンス値が  $L$  で定義されるインダクタを設けると共に前記並列コンデンサと直列に、抵抗値が  $R$  で定義される並列抵抗を設け、前記直列抵抗の抵抗値  $R_H$ 、並列コンデンサの容量値  $C$ 、インダクタのインダクタンス値  $L$  および並列抵抗の抵抗値  $R$  を、薄膜磁気ヘッドの周波数特性が高域側に広がるように選定したことを特徴とする薄膜磁気ヘッド装置。

【請求項 2】 前記並列コンデンサの容量値  $C$  およびインダクタのインダクタンス値  $L$  によって決定される角周波数を  $\omega_0$  ( $\omega_0 = 1 / (LC)^{1/2}$ ) とし、前記並列コンデンサの容量値  $C$  および並列抵抗の抵抗値  $R$  で決定される角周波数を  $\omega_1$  ( $\omega_1 = 1 / CR$ ) とするとき、 $\omega_0 > \omega_1$  を満たすと共に、前記並列コンデンサの容量値  $C$  および直列抵抗の抵抗値  $R_H$  によって決定される角周波数を  $\omega_H$  ( $\omega_H = 1 / CR_H$ ) とするとき、 $\omega_0 > \omega_H$  を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜磁気ヘッド装置。

【請求項 3】 前記角周波数  $\omega_0$ 、 $\omega_1$  および  $\omega_H$  が、 $\omega_0 \gg \omega_1$  および  $\omega_0 \gg \omega_H$  を満たすことを特徴とする請求項 2 に記載の薄膜磁気ヘッド装置。

【請求項 4】 前記薄膜磁気ヘッド素子を、巨大磁気抵抗効果素子としたことを特徴とする請求項 1～3 の何れかに記載の薄膜磁気ヘッド装置。

【請求項 5】 前記巨大磁気抵抗効果素子より成る薄膜磁気ヘッド素子を読み出し用ヘッドとし、書き込み用の誘導形薄膜ヘッド素子と積層した複合型薄膜磁気ヘッドとして構成したことを特徴とする請求項 4 に記載の薄膜磁気ヘッド装置。

【請求項 6】 前記巨大磁気抵抗効果素子を、トンネル形磁気抵抗効果素子としたことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の薄膜磁気ヘッド装置。

【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## 【発明の属する技術】

本発明は、薄膜磁気ヘッド装置に関するものであり、特に電氣的等価回路で表したときに、等価電圧源および抵抗値が  $R_H$  で定義される直列抵抗の直列回路と、この直列回路と並列に接続され、容量値が  $C$  で定義される並列コンデンサとで構成される薄膜磁気ヘッド素子を有する薄膜磁気ヘッド装置に関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

上述したように、薄膜磁気ヘッド素子を電氣的等価回路で表したときに、等価電圧源および直列抵抗の直列回路と、この直列回路と並列に接続された並列コンデンサとで構成される薄膜磁気ヘッド装置の代表的なものとして磁気抵抗効果を利用した薄膜磁気ヘッド装置がある。

## 【 0 0 0 3 】

図 1 は従来の磁気抵抗効果形薄膜磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッド素子の等価回路を示すものである。この薄膜磁気ヘッド素子は、等価電圧源 1 および抵抗値が  $R_H$  で定義される直列抵抗 2 の直列回路と、この直列回路と並列に接続され、容量値が  $C$  で定義される並列コンデンサ 3 とで構成されており、この並列コンデンサ 3 の両端を外部の読取回路に接続している。図面では、この外部の読取回路を抵抗値が  $R_{in}$  で定義される入力抵抗 4 で表している。

## 【 0 0 0 4 】

このように薄膜磁気ヘッド素子を、電圧源 1 および直列抵抗 2 の直列回路と、並列コンデンサ 3 とで等価的に表すことができる薄膜磁気ヘッド装置としては、巨大磁気抵抗効果素子を用いたものがある。この巨大磁気抵抗効果素子は、磁気異方性を利用する通常の磁気抵抗効果素子に比べて磁界による抵抗の変化率が非常に高いので、ハードディスク装置で要求されている高記録密度化に対応できるものとして実用化が進められ、1 インチ平方当たり 1 5 ギガビットにも達する高い記録密度が実現されている。

## 【 0 0 0 5 】

巨大磁気抵抗効果素子の種類としては、反強磁性結合形、誘導強磁性形、スピンバブル形、グラニール形などがあり、サブミクロンオーダの狭トラック幅が実現されているが、その抵抗変化率は10%を超えるものではないので、ハードディスク装置における記録トラック幅をさらに狭くして記録密度をさらに高とした場合に十分に大きな再生出力を得ることができず、超高記録密度化への要求に応えることが困難である。

## 【0006】

記録トラック幅をきわめて小さくしても大きな再生出力が得られる薄膜磁気ヘッド素子として、トンネル形磁気抵抗効果素子が提案されている。図2はこのトンネル形磁気抵抗効果素子の原理的な構成を示すものである。磁気記録媒体からの磁界によって磁化方向が変化するフリー層として作用する第1の磁性層5と、磁化方向が固定されたピン層として作用する第2の磁性層6との間に絶縁層7を配置し、第2の磁性層6の上に、その磁化方向を固定するための反強磁性層8を積層したものである。このようなトンネル形磁気抵抗効果素子の試作例においては、第1および第2の磁性層5および6は、抵抗変化率を大きくするためにCo層とNi-Fe層との積層構造となっており、絶縁層7はAl膜を大気中で常温酸化して形成した $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層で形成されている。

## 【0007】

絶縁層7に対して垂直方向に電圧を印加するとき、フリー層として作用する第1の磁性層5の磁化方向がピン層として作用する第2の磁性層6の磁化方向と同一方向となる場合に絶縁層7をトンネルする電子が最多となり、第1および第2の磁性層の磁化方向が反対となると絶縁層をトンネルする電子は最少となる。すなわち、第1の磁性層5の磁化方向に応じて抵抗値が最大値から最小値まで変化することになる。この抵抗の変化率は理論上は50%以上にもなるが、現在では20%以上のものが試作されており、超狭トラックに十分対応できる可能性が示されている。

## 【0008】

## 【発明が解決すべき課題】

電気的等価回路が図1に示したように、等価電圧源1および直列抵抗2の直列

回路と、この直列回路と並列に接続された並列コンデンサ3とで表される薄膜磁気ヘッド素子の出力伝達関数 $A_V$ は次式(1)で与えられる。ここに $E$ は等価電圧源1の電圧であり、 $V$ は薄膜磁気ヘッド装置の出力電圧であり、 $\omega_H$ は並列コンデンサ3の容量値 $C$ および直列抵抗2の抵抗値 $R_H$ によって決定される角周波数であり、 $\omega_H = 1/CR_H$ で表されるものである。また、外部測定回路の入力抵抗4の抵抗値 $R_{in}$ は無限大であると仮定する。

【0009】

【数1】

$$A_V = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_H)^2}}$$

【0010】

この式(1)から分かるように、薄膜磁気ヘッド装置の出力伝達関数 $A_V$ は、直列抵抗2の抵抗値 $R_H$ が高くなるとともに減少することになる。したがって動作周波数の増大とともに再生出力は減少し、動作帯域が制限されるという問題がある。動作周波数帯域の高域化は再生速度を向上する上では重要であり、高い周波数領域まで大きな再生出力が得られることが望ましい。薄膜磁気ヘッド装置を狭トラック化に対応させるには微細化が必要であるが、それに伴って直列抵抗2の抵抗値 $R_H$ が高くなる傾向にある。特に巨大磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗効果素子の内、トンネル形磁気抵抗効果素子においては、上述した絶縁層3に対して垂直方向に電流が流れるという構造上の理由のため直列抵抗2の抵抗値 $R_H$ は数百 $\Omega$ ～数 $k\Omega$ にも達するため動作帯域が大きく制限を受けることになり、動作周波数を高くして高速化を図ろうとすると、大きな再生出力が得られるというトンネル形磁気抵抗効果素子の本来の特長を生かすことができなくなる。

【0011】

したがって本発明の目的は、狭トラック化に対応する微細化によって直列抵抗が高くなるにも拘らず、再生出力の低下を高い周波数領域まで抑えるように動作帯域を拡大した薄膜磁気ヘッド装置を提供しようとするものである。

【0012】



## 【課題を解決するための手段】

本発明は、電氣的等価回路で表したときに、等価電圧源および抵抗値が  $R_H$  で定義される直列抵抗の直列回路と、この直列回路と並列に接続され、容量値が  $C$  で定義される並列コンデンサとで構成される薄膜磁気ヘッド素子を有する薄膜磁気ヘッド装置において、前記直列抵抗と直列に、インダクタンス値が  $L$  で定義されるインダクタを設けると共に前記並列コンデンサと直列に、抵抗値が  $R$  で定義される並列抵抗を設け、前記直列抵抗の抵抗値  $R_H$ 、並列コンデンサの容量値  $C$ 、インダクタのインダクタンス値  $L$  および並列抵抗の抵抗値  $R$  を、薄膜磁気ヘッドの周波数特性が高域側に広がるように選定したことを特徴とするものである。

## 【0013】

このような本発明による薄膜磁気ヘッド装置の好適な実施例においては、前記並列コンデンサの容量値  $C$  およびインダクタのインダクタンス値  $L$  によって決定される角周波数を  $\omega_0$  ( $\omega_0 = 1 / (LC)^{1/2}$ ) とし、前記並列コンデンサの容量値  $C$  および並列抵抗の抵抗値  $R$  で決定される角周波数を  $\omega_1$  ( $\omega_1 = 1 / CR$ ) とするとき、 $\omega_0 > \omega_1$  を満たすと共に、前記並列コンデンサの容量値  $C$  および直列抵抗の抵抗値  $R_H$  によって決定される角周波数を  $\omega_H$  ( $\omega_H = 1 / CR_H$ ) とするとき、 $\omega_0 > \omega_H$  を満たすように構成する。

## 【0014】

さらにこのような実施例においては、前記角周波数  $\omega_0$ 、 $\omega_1$  および  $\omega_H$  の間に、 $\omega_0 \gg \omega_1$  および  $\omega_0 \gg \omega_H$  なる関係が満たされるように構成するのが特に好適である。

## 【0015】

このような本発明による薄膜磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッド素子としては、抵抗の変化率が高く、したがって狭トラックに対応した微細化に適した巨大磁気抵抗効果素子とするのが好適である。また、このような巨大磁気抵抗効果素子の内、抵抗率の特に高いトンネル形磁気抵抗効果素子とするのが特に好適である。さらに、このような巨大磁気抵抗効果素子より成る薄膜磁気ヘッド素子を再生用ヘッドとし、これと記録用の誘導形薄膜ヘッド素子とを基板上に積層した複合型薄膜磁気ヘッドとして薄膜磁気ヘッド装置を構成するのが好適である。しかしな

がら、本発明による薄膜磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッド素子はこのような巨大磁気抵抗効果素子にのみ限定されるものではなく、磁気異方性を利用した通常の磁気抵抗素子とすることもできる。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

図 2 は本発明による薄膜磁気ヘッド装置の電氣的等価回路を示すものである。等価電圧源 1 1、抵抗値が  $R_H$  で定義される直列抵抗 1 2 およびインダクタンス値が  $L$  で定義されるインダクタ 1 5 の直列回路と、この直列回路と並列に接続された容量値が  $C$  で定義される並列コンデンサ 1 3 および抵抗値が  $R$  で定義される並列抵抗 1 6 とで構成されており、これらの並列コンデンサ 1 3 および並列抵抗 1 6 の直列回路の両端を、抵抗値が  $R_{in}$  で定義される入力抵抗 1 4 を有する外部の読取回路に接続している。

【 0 0 1 7 】

このような本発明による薄膜磁気ヘッド装置においては、直列抵抗 1 2 の抵抗値  $R_H$  は、最も高いものであるトンネル形巨大磁気抵抗素子の場合で数百  $\Omega$  であるのに対し、並列抵抗 1 6 の抵抗値  $R$  は数百  $K\Omega$  であるので、 $(R_H + R) = R$  と近似でき、伝達関数は次式 (2) で表されるものとなる。ここで、 $\omega_0$  は並列コンデンサ 1 3 の容量値  $C$  と、本発明によって導入したインダクタ 1 5 のインダクタンス値  $L$  とによって決定される角周波数であり、 $\omega_0 = 1 / (LC)^{1/2}$  で与えられるものであり、 $\omega_1$  は並列コンデンサ 1 3 の容量値  $C$  と、本発明によって導入した並列抵抗 1 6 の抵抗値  $R$  とで決定される角周波数であり、 $\omega_1 = 1 / CR$  で与えられるものである。

【 0 0 1 8 】

【数 2】

$$A_v = \frac{\sqrt{1 + (\omega_1/\omega)^2}}{\sqrt{1 + (\omega_1/\omega_0)^2(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega)^2}}$$

【 0 0 1 9 】

今、 $\omega_0 = 2\pi f_0 \ll \omega_1 = 2\pi f_1$  とすると、薄膜磁気ヘッド装置の周波数

特性は $\omega/\omega_0 = 1$ においてピークを有するものとなり、利得が3 dB低下するところの周波数であるカットオフ周波数は高域側に広がることになると考えられる。すなわち、 $\omega_0 \ll \omega_1$ とすることにより、ピーキング特性が得られ、高域側の周波数特性は改善されることになると考えられる。

## 【0020】

しかしながら、このようにピーキングによってカットオフ周波数を高域側に広げることができても、 $\omega_0 \ll \omega_1$ であると、 $\omega_0 \ll \omega_H$ となり、 $f_0$ が極端に小さな値となってしまい、ピークが現れる周波数が所望のカットオフ周波数に比べてきわめて低いものとなり、高域特性の改善効果は期待できない。すなわち、 $f_0$ が $f_H$ に比べて著しく低くなり、実効的な高帯域化には効果がない。

## 【0021】

次に、 $\omega_0 = 2\pi f_0 \gg \omega_1 = 2\pi f_1$ の場合を検討すると、上述した式(2)は次の式(3)のように近似することができる。ここで $\alpha = \omega_1/\omega_0$ である。

## 【0022】

## 【数3】

$$A_v \doteq \frac{\sqrt{1 + (\omega_1/\omega)^2}}{\sqrt{1 + (\omega_1/\omega_0)^2(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega)^2}} \doteq \sqrt{1 + (\omega_1/\omega)^2} \doteq \sqrt{1 + \alpha^2(\omega_0/\omega)^2}$$

## 【0023】

この式(3)を上述した式(2)と比較すると、式(2)の分母によるピーキング特性が消滅していることが分かる。ここで、 $\omega_0/\omega \ll 1$ 、すなわち $\omega \gg \omega_0$ とすると式(3)は以下の式(4)のようになる。

## 【0024】

## 【数4】

$$A_v \doteq 1 + \frac{1}{2} \alpha^2 (\omega_0/\omega)^2$$

## 【0025】

ここで、上述したように $\alpha \ll 1$ であるので、 $A_v \doteq 1$ となり、ピーキング特性

を持たない良好な周波数特性が得られることが分かる。

【 0 0 2 6 】

以上の考察では $\omega_0 \gg \omega_1$ としたが、同様の傾向は $\omega_0 > \omega_1$ とした場合にも得られるものであるので、本発明においては、 $\omega_0 > \omega_1$ を満足するようなインダクタンス値 $L$ を有するコイル 1 5 および抵抗値 $R$ を有する並列抵抗 1 6 を、それぞれ直列抵抗 1 2 および並列コンデンサ 1 3 と直列に接続されるように構成する。【 0 0 2 7 】

上述したように、本発明ではコイル 1 5 および並列抵抗 1 6 を、 $\omega_0 > \omega_1$ を満足するように設けるものであるが、特に $\omega_0 \gg \omega_1$ を満足するように設定することによって、高域特性の改善効果が大きくなる。しかしながら、 $\omega_0 > \omega_1$ を満足しても、並列コンデンサ 1 3 の容量値 $C$ とインダクタ 1 5 のインダクタンス値 $L$ によって決定される角周波数 $\omega_0$ が、直列抵抗 1 2 の抵抗値 $R_H$ と並列コンデンサ 1 3 の容量値 $C$ によって決まる角周波数 $\omega_H (= 2\pi f_H = 1 / 2\pi C R_H)$ に比べて低いと、高域特性を改善することはできない。そこで本発明においては、 $\omega_0 > \omega_H$ を、特に $\omega_0 \gg \omega_H$ を満足するように構成する。このように、 $\omega_0 > \omega_1$ 、特に $\omega_0 \gg \omega_1$ を満足すると同時に、 $\omega_0 > \omega_H$ を、特に $\omega_0 \gg \omega_H$ を満足するように構成することによってピーキング特性を持たず、高周波数領域まで平坦な周波数特性を達成できる。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、本発明による磁気ヘッド装置のシュミレーション結果を従来の磁気ヘッド装置と対比して示すものである。このシュミレーションでは、直列抵抗 1 2 の抵抗値 $R_H$ とを $500\Omega$ とし、並列コンデンサ 1 3 の容量値 $C$ とし、並列抵抗 1 6 の抵抗値 $R$ を、直列抵抗 1 2 の抵抗値 $R_H$ よりも十分に高い $10k\Omega$ とし、コイル 1 5 のインダクタンス値 $L$ を、変化させたときの利得の周波数特性をプロットしたものである。このような条件では、 $f_1 = 5.3\text{MHz}$ となり、 $f_H = 106\text{MHz}$ となる。

【 0 0 2 9 】

図 4 において、曲線 A は上述したコイル 1 5 および並列抵抗 1 6 を持たない従来の磁気ヘッド装置の特性を示すものであり、曲線 B、C および D は、コイル 1

5のインダクタンス値 $L$ を、 $1\mu\text{H}$ 、 $10\mu\text{H}$ および $100\mu\text{H}$ と変化させたとときの周波数特性を示すものである。例えば、 $L=1\mu\text{H}$ とする場合には、 $f_0$  ( $=1/2\pi(LC)^{1/2}$ )は $91.9\text{MHz}$ となり、 $L$ を $10\mu\text{H}$ および $100\mu\text{H}$ とする場合には、 $f_0$ はそれぞれ $29\text{MHz}$ および $9.2\text{MHz}$ となり、いずれも本発明の条件 $\omega_0 > \omega_1$ を満足している。しかしながら、曲線Cでは上述した第2の条件 $\omega_0 \geq \omega_H$ を満足しておらず、従来の薄膜磁気ヘッド装置の周波数特性に比べて十分顕著な改善が見られない。さらに、曲線Dも第2の条件 $\omega_0 > \omega_H$ を満足しておらず、従来の薄膜磁気ヘッド装置の周波数特性よりも改善されていない。本発明では、上述した第1および第2の条件を同時に満足することによって、曲線Aに示すように、ピーキング特性を持たず、高い周波数領域まで平坦なきわめて優れた周波数特性を実現できるものである。

## 【 0 0 3 0 】

図5～7は、本発明による磁気ヘッド装置の一実施例の構成を示すものであるが、本例ではトンネル形巨大磁気抵抗素子を再生素子として具え、誘導形の薄膜磁気ヘッド素子を記録素子として具え、これらの素子を基板上に積層した複合形の薄膜磁気ヘッド装置として構成したものである。図5はこのような複合形の薄膜磁気ヘッド装置を、記録媒体と対向するエアークリアリング面に垂直な平面で切って示す断面図であり、図6はエアークリアリング面に平行な面で切って示す断面図であり、図7は上述したコイルを構成するマイクロストリップラインの構造を模式的に示す斜視図である。

## 【 0 0 3 1 】

例えばアルミナチタンカーボン(AlTiC)からなる基体21の上に例えばアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )からなる絶縁層22を堆積し、さらに本発明に係る再生用のトンネル形磁気ヘッド素子23を外部磁界の影響から保護するための一方の磁気シールドを構成するパーマロイより成る下部シールド層24を形成する。トンネル形磁気ヘッド素子23はこの下部シールド層24と上部シールド層25との間に形成されている。トンネル形磁気ヘッド素子3は、図7に示すように、フリー層26、絶縁層27、ピン層28および反強磁性層29を積層した構造を有しており、これらの層に対して垂直に電流を流すようにしている。このため、本例では

下部シールド層 2 4 および上部シールド層 2 5 を電極として利用するようにしている。

#### 【 0 0 3 2 】

本例では、図 7 に示すように、フリー層 2 6 に導電的に接続された下部シールド層 2 4 の一部分に長さ  $d$  のマイクロストリップライン 3 0 を形成して、図 3 に示したコイル 1 5 を構成するようにしている。高周波の伝搬理論によれば、マイクロストリップライン 3 0 のインダクタンス  $L$  はその長さ  $d$  に比例するので、設計は非常に容易で、自由度が高いものである。さらに、下部シールド層 2 4 のパターンニングも簡単にしかも正確に行うことができる。

#### 【 0 0 3 3 】

下部シールド層 2 4 および上部シールド層 2 5 の間は、例えばアルミナより成る絶縁層 3 1 で絶縁する。この絶縁層 3 1 と下部および上部のシールド層 2 4 および 2 5 との間の容量で図 3 に示したコンデンサ 1 3 が構成される。

#### 【 0 0 3 4 】

上部シールド層 2 5 は、書き込み用誘導形薄膜磁気ヘッドの下部ポールとしての機能も有しているので、下部ポールとも称することにする。この下部ポール 2 5 の上には、非磁性材料、例えばアルミナよりなるライトギャップ層 3 2 を形成した後、例えばパーマロイ (Ni : 50wt%、Fe : 50wt%) や窒化鉄 (FeN) のような高飽和磁束密度材料からなる磁性層を形成し、高精度のマスクアライメントで所望の形状としてポールチップ 3 3 を形成する。このポールチップ 3 3 の幅によってトラック幅が規定される。したがって、このポールチップ 3 3 の幅を狭くすることが高い面記録密度を実現するためには必要である。

#### 【 0 0 3 5 】

実効書込トラック幅の広がりを防止するため、すなわちデータの書込時に、一方のポールにおいて磁束が広がるのを防止するために、ポールチップ 3 3 の周囲のライトギャップ層 3 2 と、下部ポール 2 5 をイオンミリング等のイオンビームエッチングにてエッチングしてトリム構造を形成した後、アルミナより成る絶縁層 3 4 を形成した後、全体を CMP にて平坦化してポールチップ 3 3 の表面と絶縁層 3 4 の表面とを同一の平坦面とする。

## 【 0 0 3 6 】

このように平坦とした絶縁層 3 4 の表面に、銅よりなる第 1 層目の薄膜コイル 3 5 を絶縁層 3 6 によって絶縁分離した状態で支持されるように形成し、続いて絶縁層 3 6 の表面を平坦化し、その表面の上に、第 2 層目の薄膜コイル 3 7 を、絶縁層 3 8 によって絶縁分離した状態で支持するように形成する。

## 【 0 0 3 7 】

このように第 2 層目の薄膜コイル 3 7 を支持する絶縁層 3 8 の表面を再度平坦化するために、例えば 250° C で焼成した後、ポールチップ 3 3 および絶縁層 3 6 および 3 8 の上に、パーマロイより成る上部ポール 3 9 を 3  $\mu$ m の厚みで所望のパターンに従って選択的に形成した後、全体の表面の上にアルミナよりなるオーバーコート層 4 0 を堆積する。最後に、全体の側面を研磨して、磁気記録媒体と対向するエアベアリング面 (ABS) 4 1 を形成する。実際の薄膜磁気ヘッドにおいては、薄膜コイル 3 5、3 7 およびトンネル形磁気ヘッド素子 2 3 に対する電氣的接続を行なうためのパッドが形成されているが、図示では省略してある。

## 【 0 0 3 8 】

本発明は上述した実施例にのみ限定されるものではなく、幾多の変更や変形が可能である。例えば、上述した実施例では本発明による薄膜磁気ヘッド装置をトンネル形巨大磁気抵抗効果素子としたが、他の形式の巨大磁気抵抗効果素子とすることもできる。さらに、上述した実施例では本発明によるトンネル形巨大磁気抵抗効果素子を再生ヘッドとし、誘導形の薄膜磁気ヘッド素子と共に基板上に積層した複合形薄膜磁気ヘッド装置として構成したが、必ずしもこのように構成する必要はない。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 従来のトンネル形巨大磁気抵抗効果素子を具える薄膜磁気ヘッド装置の等価回路図である。

【図 2】 従来のトンネル形巨大磁気抵抗効果素子の基本的な構成を模式的に示す斜視図である。

【図 3】 本発明による薄膜磁気ヘッド装置の等価回路図である。

【図 4】 本発明による薄膜磁気ヘッド装置の周波数特性を従来のものと対比し

て示すグラフである。

【図5】 本発明による薄膜磁気ヘッド装置の一実施例の構成を、エアベアリング面に垂直な平面で切って示す断面図である。

【図6】 本発明による薄膜磁気ヘッド装置の一実施例の構成を示す断面図である。

同じくその構成を、エアベアリング面と平行な平面で切って示す断面図である。

【図7】 同じくそのトンネル形巨大磁気抵抗効果素子の構成を模式的に示す斜視図である。

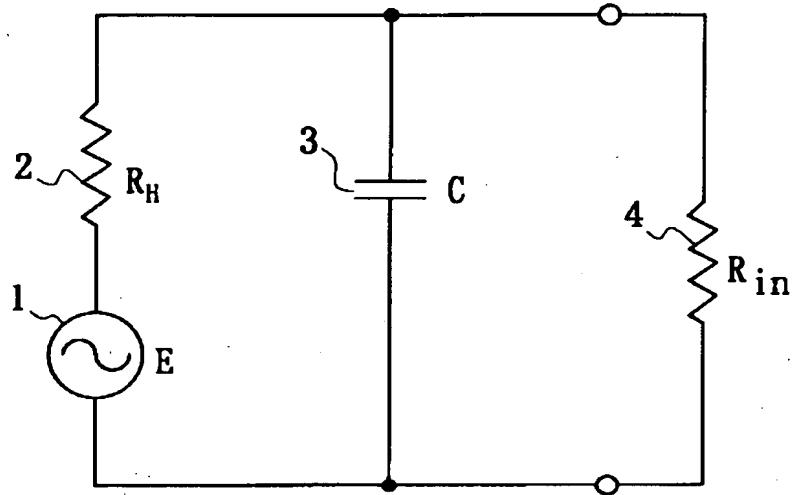
【符号の説明】

11 等価電圧源、 12 直列抵抗、 13 並列コンデンサ、 14 入力抵抗、 15 コイル、 16 並列抵抗、 24 下部シールド層、 25 上部シールド層（下部ポール）、 23 トンネル形巨大磁気抵抗効果素子、 30 マイクロストリップライン、 31 絶縁層、 32 ライトギャップ層、 33 ポールチップ、 35、37 薄膜コイル、 39 上部ポール、 41 エアベアリング面

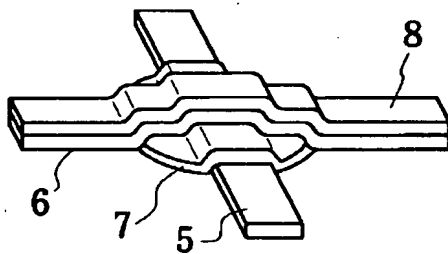


【書類名】 図面

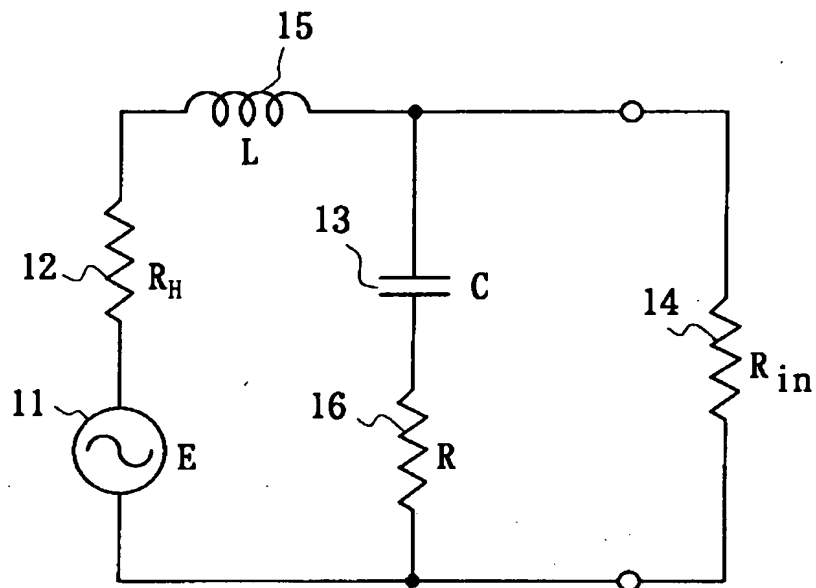
【図 1】



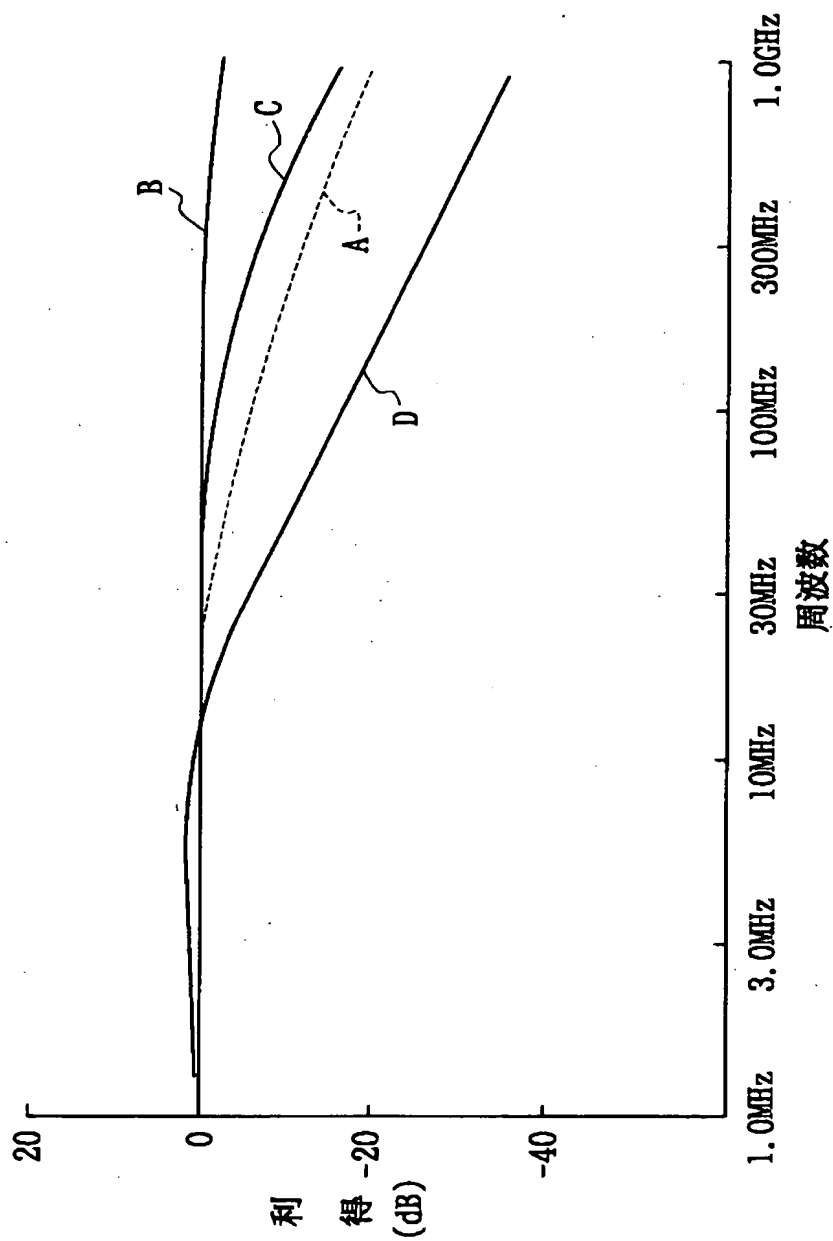
【図 2】



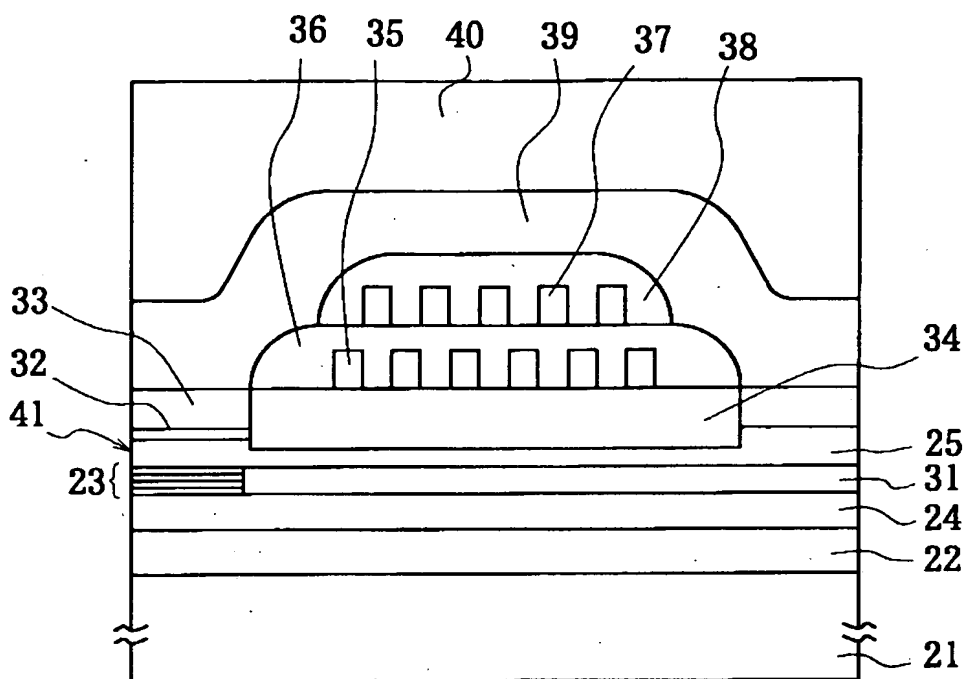
【図 3】



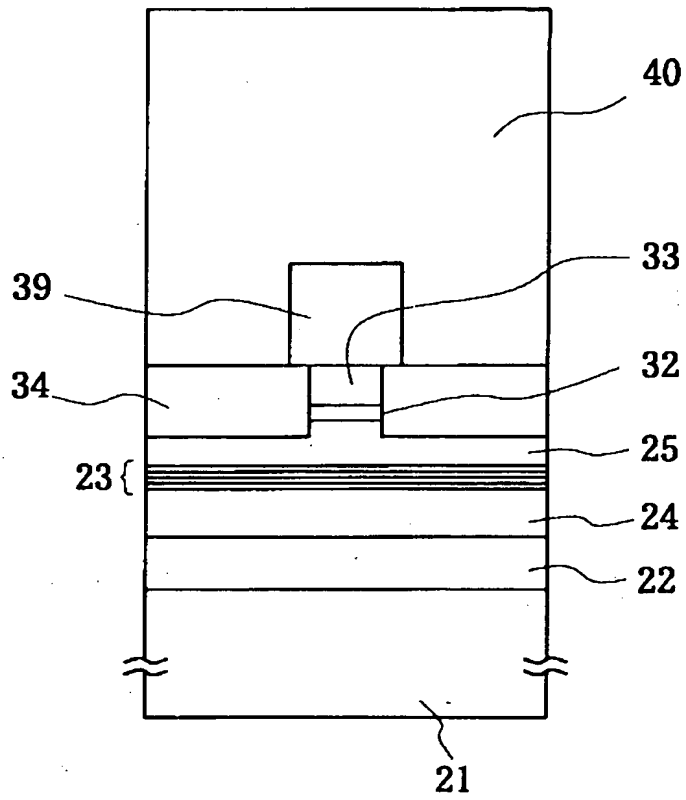
【図 4】



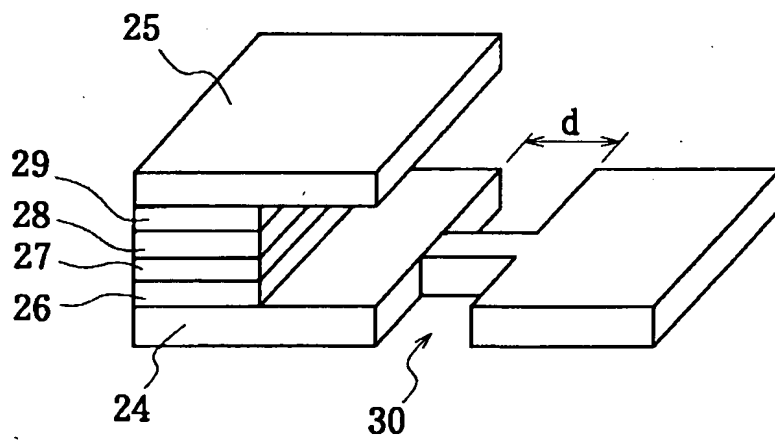
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電氣的等価回路が、等価電圧源および直列抵抗  $R_H$  で定義される直列回路と、この直列回路と並列に接続される並列コンデンサ  $C$  とで構成される薄膜磁気ヘッド素子を有する薄膜磁気ヘッド装置において、ピーキング特性を持たず、高周波数領域まで平坦な周波数特性を実現する。

【解決手段】 前記直列抵抗と直列にコイル  $L$  を設けると共に前記並列コンデンサと直列に並列抵抗  $R$  を設け、前記並列コンデンサ  $C$  およびインダクタ  $L$  で決定される角周波数を  $\omega_0$  とし、前記並列コンデンサ  $C$  および並列抵抗  $R$  で決定される角周波数を  $\omega_1$  とし、前記並列コンデンサ  $C$  および直列抵抗  $R_H$  で決定される角周波数を  $\omega_H$  とするとき、 $\omega_0 > \omega_1$  および  $\omega_0 > \omega_H$ 、特に  $\omega_0 \gg \omega_1$  および  $\omega_0 \gg \omega_H$  を同時に満たすように構成する。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名	ティーディーケイ株式会社